

## MODEL KARAKTERISTIK MAKRO LALU LINTAS HETEROGEN PADA RUAS JALAN SATU ARAH DI KOTA MAKASSAR

**M. Isran Ramli<sup>1</sup>, Dantje Runtulalo<sup>2</sup>, Muralia Hustim<sup>3</sup>, S. Hamid Aly<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

Jl. Perintis Kemerdekaan, Km. 10 Tamalanrea, 92145 Telp 0411-587636

Email<sup>1</sup>: muhisran@yahoo.com; Email<sup>2</sup>: dantjeruntulalo@gmail.com;

Email<sup>3</sup>: muraliahustim@yahoo.com; Email<sup>4</sup>: marni\_hamidaly@yahoo.com

### Abstrak

*Perilaku lalu lintas yang tidak disiplin dalam menggunakan lajur jalan diberbagai kota di negara berkembang termasuk di Makassar, Indonesia telah menjadikan kondisi lalu lintas dalam kategori lalu lintas heterogen. Untuk memahami lebih jauh karakteristik lalu lintas heterogen ini, studi ini bertujuan memodelkan hubungan antar karakteristik makro lalu lintas (volume-kecepatan-kepadatan atau V-S-D) pada ruas jalan satu arah di Kota Makassar. Studi ini melakukan survei pada salah satu ruas jalan yang dikategorikan sebagai tipe jalan satu arah di Kota Makassar, yaitu Jl. Sulawesi. Pada survei ini perekaman kondisi lalu lintas menggunakan video camera dilakukan selama sehari khususnya pada kondisi periode puncak lalu lintas, baik pagi, siang maupun sore hari. Hasil perekaman selanjutnya diekstraksi di Laboratorium untuk mencacah volume dan mengukur kecepatan lalu lintas. Analisis data volume dan kecepatan kendaraan mengaju pada standar MKJI 1997. Model hubungan karakteristik makro lalu lintas dibangun dengan mengadopsi pendekatan model Greenshield, Greenberg dan Underwood. Kalibrasi nilai-nilai parameter model dan validasi model dilakukan dengan menggunakan serangkaian uji statistik. Hasil-hasil analisis dan evaluasi model memperlihatkan bahwa terdapat variasi kecocokan model dengan kondisi lalu lintas heterogen diantara keempat ruas jalan yang distudi. Dalam hal ini, model Underwood sedikit lebih baik dari kedua model lainnya. Namun, model Greenberg dan Greenshield juga pada kondisi tertentu sedikit lebih baik validitas. Hasil-hasil yang diperoleh pada studi ini dapat menjadi bahan utama dalam memodelkan lebih lanjut kondisi lalu lintas heterogen dengan menggunakan pendekatan mikro simulasi..*

**Kata kunci:** karakteristik makro, lalu lintas heterogen, jalan satu arah

### Pendahuluan

Permasalahan transportasi berupa kemacetan, keterlambatan dan antrian merupakan permasalahan lalu lintas yang bersifat heterogen di kota-kota besar di Indonesia yang sering dijumpai, termasuk di Kota Makassar. Permasalahan yang terjadi bukan saja disebabkan oleh terbatasnya sarana transportasi yang ada, tetapi ditambah lagi dengan permasalahan lainnya, seperti pendapatan rendah, urbanisasi yang sangat cepat, terbatasnya sumber daya manusia, tingkat disiplin yang rendah dan lemahnya perencanaan dan kontrol. Hal ini membuat permasalahan transportasi semakin parah. Masalah lalu lintas yang timbul tersebut berupa kemacetan dan antrian tentunya akan menimbulkan kerugian yang besar pada pemakai jalan, terutama dalam hal pemborosan waktu dan rendahnya tingkat kenyamanan.

Melihat kompleksnya masalah lalu lintas yang terjadi di Kota Makassar, maka perlu kiranya dicarikan alternatif pemecahannya. Namun untuk memberikan suatu solusi alternatif, maka terlebih dulu perlu dipahami perilaku/karakteristik arus lalu lintas yang ada, khususnya perilaku karakteristik lalu lintas yang bersifat heterogen, dalam hal ini khususnya mengenai model hubungan antara volume, kecepatan dan kerapatan arus lalu lintas pada jalan-jalan yang sering mengalami masalah-masalah lalu lintas.

Perilaku lalu lintas yang tidak disiplin dalam menggunakan lajur jalan diberbagai kota di negara berkembang termasuk di Makassar, Indonesia telah menjadikan kondisi lalu lintas dalam kategori lalu lintas heterogen. Untuk memahami lebih jauh karakteristik lalu lintas heterogen ini, studi ini bertujuan memodelkan hubungan antar karakteristik makro lalu lintas (volume-kecepatan-kepadatan atau V-S-D) pada ruas jalan satu arah di Kota Makassar. Dalam konteks ini, suatu ruas jalan tipe jalan 1 arah di Kota Makassar, yaitu Jl. Sulawesi dijadikan sebagai lokasi studi. Pengambilan data arus lalu lintas dilakukan pada jam puncak pagi hari (07.00 – 09.00), siang hari (11.00 – 13.00), dan sore hari (16.00 – 18.00). Analisis model hubungan kecepatan – volume – kerapatan yang

dilakukan adalah model Greenshield, model Greenberg dan model Underwood, dimana pengklasifikasian jenis kendaraan didasarkan pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Model yang diperoleh akan dapat digunakan untuk menganalisis berbagai alternatif manajemen penanganan kemacetan arus lalu lintas dan penyediaan prasarana lalu lintas oleh pihak-pihak terkait, dalam hal ini Dinas Pehubungan dan Polisi Lalu Lintas di Kota Makassar.

### Metode Penelitian dan Pengembangan Model

#### a. Persiapan bahan dan alat

Berupa kegiatan yang mempersiapkan bahan-bahan dan peralatan yang akan digunakan di lapangan dalam pengambilan data (survai) dan di laboratorium yang akan digunakan dalam pengolahan data yang telah diambil. Adapun bahan dan alat yang akan digunakan untuk survai lapangan meliputi format survai, counter (alat penghitung) volume lalu lintas, dan tape recorder untuk survai kecepatan lalu lintas. Sedangkan untuk pengolahan data digunakan perangkat lunak microsoft excel.

#### b. Pengambilan Data (Survai Lapangan)

Pengambilan data dilakukan dengan survai langsung pada ruas jalan yang ditinjau. Survai data meliputi survai volume lalu lintas dan survai kecepatan lalu lintas. Survai volume lalu lintas menggunakan metode manual count, dimana semua kendaraan yang lewat pada garis melintang pada pos pengamatan selama waktu pengamatan dicatat sebagai volume lalu lintas. Sedangkan pengambilan data kecepatan kendaraan di lapangan dilakukan dengan metode kecepatan setempat dengan mengukur waktu perjalanan bergerak memakai alat tape recorder. Metode ini dimaksudkan untuk pengukuran karakteristik kecepatan pada lokasi tertentu dan kondisi lalu lintas yang ada pada saat studi. Waktu pelaksanaan survai dilakukan pada jam puncak, yaitu pada jam puncak pagi hari (07.00 – 09.00), siang hari (11.00 – 13.00), dan sore hari (16.00-18.00), selama satu minggu. Periode pencatatan perhitungan volume dan kecepatan dilakukan setiap periode 15 menit. Lokasi pengambilan data pada Jl. Sulawesi dilakukan 1 titik/pos pengamatan untuk setiap arah kendaraan.

#### c. Analisis Data Hasil Survai

Pada tahap ini, dilakukan reduksi data hasil survai dalam bentuk tabelaris dan grafis. Disamping itu, dilakukan analisis untuk menentukan kerapatan arus lalu lintas yang telah di survai. Selanjutnya, dilakukan analisis model hubungan karakteristik arus lalu lintas (model hubungan kecepatan – volume – kerapatan). Model hubungan yang dianalisis meliputi model Greenshield, model Greenberg dan model Underwood. Model hubungan dianalisis dengan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel. Dari ketiga model hubungan yang telah diperoleh, selanjutnya dilakukan analisis dan uji statistik untuk menentukan model hubungan yang tepat yang sesuai dengan kondisi arus di lapangan.

#### d. Pengembangan Model Hubungan Karakteristik Makro Lalu Lintas

Studi tentang arus lalu lintas telah banyak dilakukan oleh para ahli. Hasil studi ini telah banyak dituangkan dalam model matematik. Beberapa model yang dikenal antara lain model *Greenshields*, *Greenberg*, dan *Underwood*.

##### a) Model Greenshields

Greenshields menyimpulkan bahwa hubungan antara kecepatan rata-rata ruang (space mean speed) dengan kerapatan kendaraan dalam suatu arus lalu lintas adalah linear. Hubungan ini dapat dilihat pada persamaan berikut (Liputo & Ramli, 2007, Ali & Ramli, 2006) :

$$U_s = U_f \cdot \frac{U_f}{K_j} \cdot k \quad (1)$$

Dimana  $U_s$  adalah kecepatan rata-rata ruang (km/jam),  $U_f$  adalah kecepatan pada kondisi arus bebas (km/jam),  $k$  adalah kerapatan (smp/jam), dan  $K_j$  adalah kerapatan macet (smp/jam).

Hubungan antara  $q$  dan  $U_s$  diperoleh dengan mensubstitusikan nilai  $k = q/U_s$  pada persamaan 1 di atas, maka didapat persamaan (Liputo & Ramli, 2007, Ali & Ramli, 2006) :

$$q = U_f \cdot k - \frac{U_f}{k_j} \cdot k \quad (2)$$

Persamaan selanjutnya adalah hubungan antara  $q$  dan  $k$  yang diperoleh dari substitusi persamaan 2 dengan persamaan 1. Hasil penyelesaian ini diperoleh sebuah persamaan parabola sebagai berikut (Liputo & Ramli, 2007, Ali & Ramli, 2006) :

$$q = U_f \cdot k - \frac{U_f}{k_j} \cdot k^2 \quad (3)$$

Pada prinsipnya pemakaian model Greenshields ini memerlukan pengetahuan tentang parameter kecepatan arus bebas ( $S_f$ ) dan kerapatan ( $D_j$ ) dalam menyelesaikan secara numerik hubungan kecepatan dengan kerapatan. Kecepatan arus bebas relatif mudah diestimasi dilapangan dan umumnya bernilai antara kecepatan batas dengan kecepatan rencana. Kerapatan macet agak sulit diperoleh dilapangan, tetapi biasanya bernilai 185 s/d 250 kendaraan per mil per lajur dengan anggapan bahwa kendaraan yang berhenti menempati ruang jalan 21 s/d 28 ft, (Liputo & Ramli, 2007, Ali & Ramli, 2006).

#### b) Model Greenberg

Greenberg merumuskan bahwa hubungan antara kecepatan rata – rata ruang dan kerapatan kendaraan bukan merupakan hubungan linear melainkan merupakan fungsi logaritmik. Dasar rumusan Greenberg adalah sebagai berikut (Liputo & Ramli, 2007, Ali & Ramli, 2006) :

$$k = c.e^{b.U_s} \quad (4)$$

dengan konstana C dan b merupakan nilai konstan.

Apabila kedua ruas dinyatakan dalam bentuk logaritma naturalis, maka persamaan 4 menjadi (Liputo & Ramli, 2007, Ali & Ramli, 2006) :

$$\ln(k) = \ln(c.e^{b.U_s}) \quad (5)$$

$$\ln(k) = \ln(c) + b.U_s \quad (6)$$

$$b.U_s = \ln(k) - \ln(c) \quad (7)$$

$$U_s = \frac{1}{b} \cdot \ln(k) - \frac{1}{b} \cdot \ln(c) \quad (8)$$

Fungsi tersebut diatas analog dengan fungsi linear antara  $U_s$  dengan  $\ln(k)$ , sehingga apabila nilai  $y = U_s$  dan nilai  $x = \ln(k)$ , maka  $y = Ax - B$ . Dengan  $A = \frac{1}{b}$  dan  $B = \frac{1}{b} \ln(c)$ , sehingga  $c = e^{-b.A}$ . Oleh karena itu hubungan antara  $U_s$  dan  $k$  adalah sebagai berikut (Liputo & Ramli, 2007, Ali & Ramli, 2006) :

$$U_s = \frac{1}{b} \cdot \ln(k) - \frac{1}{b} \cdot \ln(c) \quad (9)$$

Selanjutnya hubungan antara  $q$  dan  $U_s$  didapat dengan mensubstitusikan nilai  $k = q/u$  ke persamaan 4, sehingga didapat persamaan (Liputo & Ramli, 2007, Ali & Ramli, 2006) :

$$q = U_s.e^{(U_s-B)/A} \quad (10)$$

Persamaan selanjutnya adalah hubungan antara  $q$  dan  $k$  didapat dengan substitusi  $U_s = q/k$  pada persamaan 4, maka didapat persamaan (Liputo & Ramli, 2007, Ali & Ramli, 2006) :

$$k = c.e^{b.(q/k)} \quad (11)$$

Selanjutnya apabila kedua ruas dinyatakan dalam fungsi logaritma naturalis, maka didapat persamaan (Liputo & Ramli, 2007, Ali & Ramli, 2006) :

$$\ln(k) = \ln(c.e^{b(q/k)}) \quad (12)$$

$$\ln(k) = \frac{b.q}{k} + \ln(c) \quad (13)$$

$$q = \frac{1}{b} \cdot k \cdot \ln(k) - \frac{1}{b} \cdot k \cdot \ln(c) \quad (14)$$

Dengan substitusi  $A = 1/b$  dan didapat persamaan (Liputo & Ramli, 2007, Ali & Ramli, 2006) :

$$q = A.k \cdot \ln(k) - \frac{B}{A} \cdot k \quad (15)$$

Pada prinsipnya pemakaian model Greenberg memerlukan pengetahuan tentang parameter kecepatan optimum dan kerapatan pada saat macet. Seperti halnya dengan metode Greenshields, kerapatan macet sangat sulit diamati dilapangan dan estimasi terhadap kecepatan optimum lebih sulit diperkirakan pada saat arus bebas. Estimasi

kasar untuk menentukan kecepatan optimum adalah kurang lebih setengah dari kecepatan rencana. Selain itu kelemahan lain dari metode ini adalah kecepatan arus bebas tidak terbatas.

### c) Metode Underwood

Model ketiga diusulkan oleh Underwood yang mengembangkan bahwa hubungan antara  $U_s$  dan  $k$  adalah merupakan fungsi logaritmik. Metode Underwood memerlukan pengetahuan tentang kecepatan arus bebas yang agak mudah diamati dan kepadatan optimum yang sulit diamati serta bervariasi tergantung pada lingkungan jalan. Kelemahan dari metode Underwood adalah kecepatan yang tidak pernah mencapai nol dan kepadatan macet yang tidak terbatas.

Persamaan dasar yang digunakan adalah (Liputo & Ramli, 2007, Ali & Ramli, 2006) :

$$U_s = U_f \cdot e^{-k / k_c} \quad (16)$$

dimana  $k_c$  adalah kepadatan pada saat keadaan  $q$  maksimum. Selanjutnya dengan maksud untuk melinierkan maka kedua ruas dinyatakan dalam fungsi logaritma natural, sehingga diperoleh persamaan (Liputo & Ramli, 2007, Ali & Ramli, 2006) :

$$\ln(U_s) = \ln(U_f \cdot e^{-k / k_c}) \quad (17)$$

$$\ln(U_s) = -\frac{1}{k_c} \cdot k + \ln(U_f) \quad (18)$$

Persamaan ini analog dengan persamaan linier  $y = Ax + B$  dengan  $y = \ln(U_s)$  dan  $x = k$ , maka  $A = -\frac{1}{k_c}$  atau  $k_c = -\frac{1}{A}$  dan  $B = \ln(U_f)$  atau  $U_f = e^B$ .

Hubungan antara  $q$  dan  $k$  didapat dengan substitusi  $U_s = q/k$  pada persamaan 16, dan diperoleh (Liputo & Ramli, 2007, Ali & Ramli, 2006) :

$$\frac{q}{k} = U_f \cdot e^{-k / k_c} \quad (19)$$

$$q = k \cdot U_f \cdot e^{-k / k_c} \quad (20)$$

Selanjutnya dengan substitusi  $U_f = e^B$  dan  $k_c = -\frac{1}{A}$  didapatkan (Liputo & Ramli, 2007, Ali & Ramli, 2006) :

$$q = k \cdot e^B \cdot e^{-k / (-1/A)} \quad (21)$$

$$q = k \cdot e^{B - Ak} \quad (22)$$

Hubungan antara  $q$  dengan  $U_s$  diperoleh dengan substitusi  $k = q/U_s$  pada persamaan 16, dan diperoleh persamaan (Liputo & Ramli, 2007, Ali & Ramli, 2006) :

$$U_s = U_f \cdot e^{-q \cdot U / k_c} \quad (23)$$

Apabila kedua ruas dinyatakan dalam fungsi logaritma naturalis, maka diperoleh persamaan (Liputo & Ramli, 2007, Ali & Ramli, 2006) :

$$\ln(U_s) = \ln(U_f \cdot e^{-q \cdot U / k_c}) \quad (24)$$

$$\ln(U_s) = -\frac{q}{U \cdot k_c} + \ln(U_f) \quad (25)$$

atau

$$q = -U_s \cdot K_c \cdot \ln(U_s) + U_s \cdot K_c \cdot \ln(U_f) \quad (26)$$

Dengan mensubstitusikan  $k_c = 1/A$  dan  $\ln(U_f) = B$  maka didapat persamaan (Liputo & Ramli, 2007, Ali & Ramli, 2006) :

$$q = \frac{U_s}{A} \cdot \ln(U_s) - \frac{B}{A} \cdot U_s \quad (27)$$

## Hasil dan Pembahasan

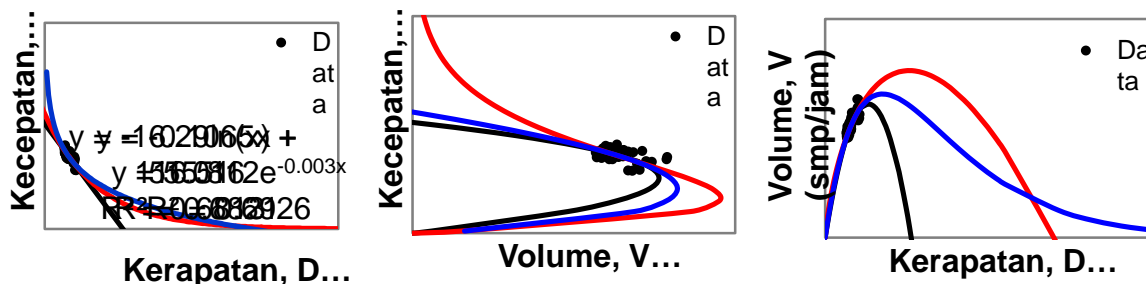
### a. Model Hubungan Perilaku Karakteristik Lalulintas

Berdasarkan analisis dengan menggunakan tiga model matematis, yaitu model *Greenshield*, *Greenberg* dan *Underwood* maka diperoleh model hubungan sebagaimana pada Tabel 1 dan secara visual disajikan di Gambar 1.

Tabel 1. Hasil kalkulasi nilai parameter model

Jenis Model Hubungan	Formulasi dan Parameter Model	Indikator kesesuaian	
		$R^2$	$r$
<i>Greenshield</i>			
S - D	$S = 51.0165 - 0.1065 * D$	0.682	0.826
V - D	$V = 51.0165 * D - 0.1065 * D^2$	0.715	0.846
V - S	$V = 479.2511 * S - 9.3940 * S^2$	0.679	0.824
<i>Greenberg</i>			
S - D	$S = 116.508 - 16.2942 * \text{Ln}D$	0.681	0.825
V - D	$V = 116.508 * D - 16.2942 * D * \text{Ln}D$	0.723	0.850
V - S	$V = 1274.46 * S * e^{-S/16.2942}$	0.682	0.826
<i>Underwood</i>			
S - D	$S = 55.81 * e^{-D/0.0031}$	0.693	0.832
V - D	$V = 55.81 * D * e^{-D/0.0031}$	0.700	0.837
V - S	$V = 319.87 * S * \text{Ln} (55.81/S)$	0.808	0.899

Dari grafik model hubungan karakteristik kecepatan dan kepadatan (S-D) untuk *Greenshield*, *Greenberg* dan *Underwood* model pada Gambar 1a, secara umum terlihat bahwa nilai kepadatan lalulintas meningkat pada saat nilai kecepatan lalulintas terus membesar pada saat kepadatan lalulintasnya mendekati nol. Untuk hubungan karakteristik lalulintas V-D sebagaimana Gambar 1c, terlihat bahwa volume meningkat hingga hingga suatu nilai kepadatan tertentu, yaitu kepadatan optimum. Selanjutnya nilai kepadatan terus membesar dan volume mendekati nol. Adapun hubungan karakteristik lalulintas V-S sebagaimana Gambar 1b, terlihat bahwa pada ruas jalan lokasi studi memiliki kecenderungan nilai volume mencapai puncak pada saat nilai kecepatan tertentu kemudian nilai kecepatan membesar dan nilai volume lalulintas mendekati nol.



a. Model Hubungan S - D. b. Model Hubungan V - S. c. Model Hubungan V - D  
Gambar 1. Distribusi Waktu Keberangkatan Hasil Kalkulasi Model dan Pengamatan

### c. Evaluasi Pemilihan Model Terbaik

Evaluasi pemilihan model terbaik dilakukan dengan menggunakan uji statistik terhadap keluaran parameter-parameter statistik dari analisis model hubungan yang telah diestimasi. Dalam hal ini, nilai-nilai koefisien korelasi ( $r$ ) dan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) model sebagaimana disajikan pada Tabel 1 menjadi acuan penilaian.

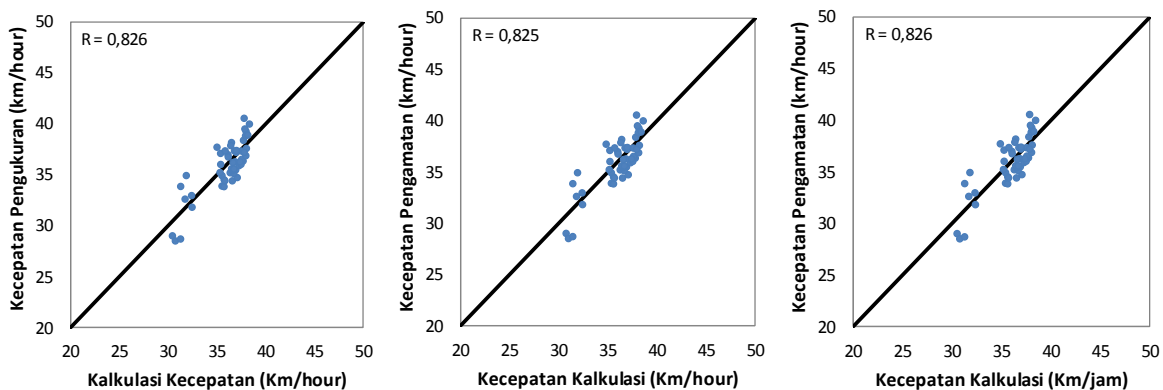
Berdasarkan nilai-nilai yang tersaji pada Tabel 1 tersebut, terlihat bahwa untuk hubungan karakteristik S - D, ketiga pendekatan model hamper memiliki nilai  $R^2$  dan  $r$  yang sama yaitu berkisar 0,68 dan 0.8. Meskipun nilai-nilai dari model *Underwood* sedikit lebih tinggi. Hal yang sama juga terjadi pada model hubungan V - D, dimana nilai-nilai parameter  $R^2$  dan  $r$  berkisar 0.7 dan 0.8 secara berurut. Namun dalam hubungan ini, pendekatan model *Greenberg* sedikit lebih tinggi dibandingkan kedua pendekatan lainnya. Untuk model hubungan V - S, nilai-nilai parameter  $R^2$  dan  $r$  pendekatan model *Underwood* sedikit lebih superior dibandingkan terhadap pendekatan *Greenshield* dan *Greenberg*, dimana nilai  $R^2$  mencapai 0.8 dan nilai  $r$  mendekati 0.9.

Secara keseluruhan dapat dikatakan bahwa ketiga pendekatan model yang digunakan dapat memenuhi uji kesesuaian secara signifikan. Hasil komparasi antara ketiganya memperlihatkan keunggulan dan kekurangan masing-masing model untuk setiap jenis model hubungan yang dianalisis. Dalam konteks ini, pendekatan model *Underwood* sedikit lebih baik untuk model hubungan S - D dan V - S, sedangkan untuk model hubungan V - D pendekatan model *Greenberg* sedikit lebih baik.

#### d. Validasi Model

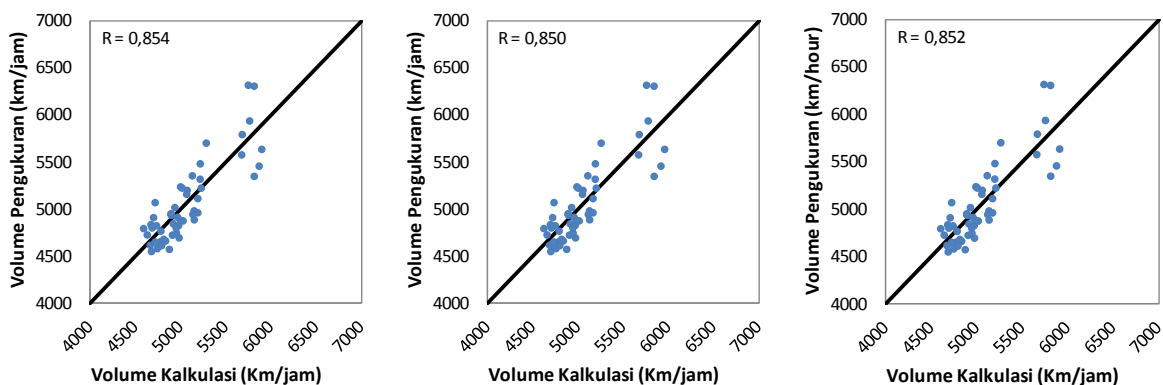
Untuk melihat konsistensi kesesuaian model dalam hal memprediksi, maka dilakukan validasi model, dimana akan dibandingkan antara nilai-nilai karakteristik lalu lintas yang diperoleh dari hasil kalkulasi dengan menggunakan model-model yang telah diperoleh dengan nilai-nilai karakteristik lalu lintas hasil pengamatan di lapangan. Hasil validasi model disajikan secara berurut pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4 untuk validasi model hubungan  $S - D$ ,  $V - D$ , dan  $V - S$ .

Berdasarkan nilai-nilai yang tersaji pada Gambar 2, terlihat bahwa untuk model hubungan karakteristik  $S - D$ , ketiga pendekatan model hampir memiliki nilai koefisien korelasi yang sama yaitu berkisar 0,826 yang mengindikasikan bahwa ketiga model cukup representatif dalam memprediksi nilai kepadatan lalu lintas dengan menggunakan variable kecepatan. Hal yang sama terlihat pada Gambar 3 untuk validasi model hubungan  $V - D$ , dimana nilai koefisien korelasi antara hasil kalkulasi dan pengamatan adalah berkisar 0.85. Hal ini mengindikasikan bahwa nilai-nilai kepadatan lalu lintas cukup signifikan diprediksi dengan menggunakan variable volume lalu lintas pada ketiga pendekatan model yang digunakan pada studi ini. Untuk validasi model hubungan  $V - S$ , Gambar 4 memperlihatkan nilai koefisien korelasi antara hasil prediksi dengan pengamatan kurang signifikan, dimana nilai koefisien korelasinya hanya mencapai maksimum 0,4 yang diperoleh pada model Greenberg dan Underwood. Hal ini mengindikasikan bahwa ketiga model pendekatan hubungan karakteristik makro lalu lintas yang digunakan pada studi ini kurang mampu menggambarkan kondisi aktual fenomena hubungan volume dan kecepatan dengan baik. Salah satu aspek yang dapat menyebabkan hal ini adalah bahwa ketiga pendekatan model yang digunakan dibangun atas dasar asumsi bahwa kondisi lalu lintas bersifat homogen. Sebagaimana diketahui bahwa karakteristik lalu lintas kondisi heterogen sangat berbeda dengan kondisi lalu lintas homogeny, khususnya terkait dengan perilaku karakteristik kecepatan dan volume lalu lintas. Pada kondisi lalu lintas heterogen, nilai kecepatan sangat bervariasi dari kecepatan sangat rendah hingga mampu mencapai kecepatan yang sangat tinggi, karena adanya perilaku pengguna kendaraan yang tidak disiplin dalam menggunakan lajur lalu lintas.



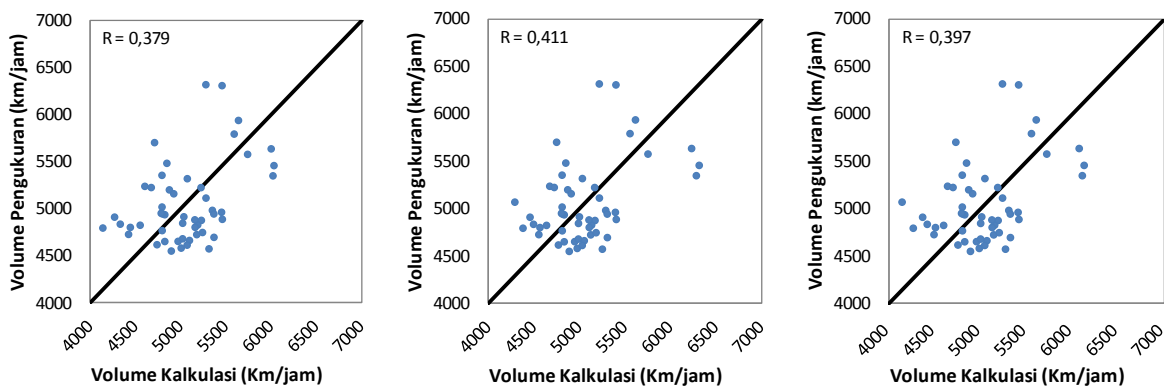
a. Greenshield b. Greenberg c. Underwood

Gambar2 Validasi Model Hubungan  $S - D$



a. Greenshield b. Greenberg c. Underwood

Gambar3 Validasi Model Hubungan  $V - D$



a. Greenshield b. Greenberg c. Underwood

Gambar4 Validasi Model Hubungan V – S

Secara keseluruhan dapat dikatakan bahwa ketiga pendekatan model yang digunakan valid dalam memprediksi pola hubungan kecepatan terhadap kepadatan dan atau volume terhadap kepadatan lalu lintas. Namun demikian, ketiga model pendekatan tersebut dalam memprediksi model hubungan kecepatan dan volume lalu lintas tidak mencapai tingkat signifikansi yang sama ketika memprediksi model hubungan kecepatan dan volume terhadap kepadatan.

### Kesimpulan

Kecenderungan perilaku karakteristik lalu lintas pada ruas jalan 1 arah di Kota Makassar memperlihatkan kecepatan maksimum dengan besaran kecepatan 39,10 km per jam, volume puncak yaitu 6091 smp per jam, dan kepadatan maksimum sebesar 186.39 smp per km. Model hubungan antar perilaku karakteristik lalu lintas yang terbaik berdasarkan hasil evaluasi model adalah: model *Underwood* untuk hubungan antara kecepatan dan kepadatan ( $S-D$ ) dengan persamaan model terpilih adalah  $S = 55.81 * e^{-D/0.0031}$ ; model Greenberg untuk hubungan antara volume dan kepadatan ( $V-D$ ) dengan persamaan model terpilih adalah  $V = 116.508 * D - 16.2942 * D * \ln D$ ; dan model *Underwood* untuk hubungan antara volume dan kecepatan ( $V-S$ ) dengan persamaan model terpilih adalah  $V = 319.87 * S * \ln (55.81/S)$ . Ketiga pendekatan model yang digunakan valid dalam memprediksi pola hubungan kecepatan terhadap kepadatan dan atau volume terhadap kepadatan lalu lintas, namun tidak mencapai tingkat signifikansi yang sama ketika memprediksi model hubungan kecepatan dan volume lalu lintas.

Untuk memperoleh informasi lebih lanjut mengenai pengaruh kondisi lalu lintas yang heterogen terhadap pendekatan yang digunakan pada studi ini, maka perlu dilakukan studi lebih lanjut mengenai pengaruh komposisi kendaraan dan perilaku pengendara terhadap model hubungan perilaku karakteristik  $V-S-D$ . Hasil-hasil model yang diperoleh pada studi ini dapat digunakan lebih lanjut untuk pembangunan model prediksi emisi lalu lintas dan atau estimasi emisi kendaraan yang bergerak di jalan raya.

### Daftar Pustaka

- Anonim (2010), Pemberdayaan pasar tradisional, Departemen Perdagangan RI.
- Ali, N., dan Ramli, M. I. 2006. *Studi Model Hubungan Volume – Kecepatan – Kepadatan pada Jalan Perkotaan Tipe 2 Lajur dan 4 Lajur Tak Terbagi (2/2UD dan 4/2UD)*. Simposium IX Forum Studi Transportasi Antar Perguruan Tinggi (FSTPT) 11 - 12 Nopember, Universitas Brawijaya, Malang
- Anonymous. 1997. *Indonesia Highway Capacity Manual*. Jakarta: Directorate General of Highway Public Work Departement.
- Hendratta Wibisana. 2007. *Studi Hubungan Arus Lalu Lintas Di Ruas Jalan Rungkut Asri Kotamadya Surabaya Dengan Metode Underwood*. Jurnal Teknik Sipil, Vol 3, No.2 Oktober 2007, Maranatha, Bandung.
- Liputo dan Ramli. 2007. *Model hubungan volume – kecepatan - kepadatan Pada ruas jalan tipe 4 lajur tak terbagi (4/2 UD)*. Simposium X Forum Studi Transportasi Antar Perguruan Tinggi (FSTPT) 23 Nopember, Universitas Tarumanegara, Jakarta.
- Ronald E, Walphole. 1995. *Pengantar Statistik*. Gramedia. Jakarta.

- Sitohang, O. dkk. 2001. Analisa Kapasitas dan Tingkat Pelayanan Jalan di Kodya Medan, Simposium IV Forum Studi Transportasi Antar Perguruan Tinggi (FSTPT) 1-2 Nopember, Universitas Udayana, Bali
- Suteja, I.W., 1999. *Studi Hubungan Kecepatan – Volume – Kerapatan pada Lalu Lintas Dominan Sepeda Motor*. Simposium II Forum Studi Transportasi Antar Perguruan Tinggi (FSTPT) 8 Oktober, ITS, Surabaya.
- Tamin, Ofyar Z. 2000. *Perencanaan & Permodelan Transportas contoh soal dan aplikasi*. Edisi kesatu. Bandung: Penerbit ITB.
- Tom V. Mathew and K V Krishna Rao. 2007. *Traffic Stream Models*. NPTEL May 8.